

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Jaroslav Král

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**Automatické řízení dopravy více druhů čokoládových
hmot**

Automatic Control of Chocolate Mass Transport System

2012

Jaroslav Král

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Král**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika
Téma: Automatické řízení dopravy druhů čokoládových hmot
Automatic Control of Chocolate Mass Transport System

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor současného stavu systémů pro dopravu čokoládových hmot.
2. Výběr technických prostředků řídicího systému dle požadavků zadavatele.
3. Návrh a implementace řídicí aplikace.
4. Návrh a implementace vizualizační aplikace.
5. Testování řídicího systému a jeho nasazení do provozu.
6. Zhodnocení výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:


1. BERGER, H. *Automating with SIMATIC: Controllers, Software, Programming, Data Communication, Operator Control and Process Monitoring*. Siemens, Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2009. 236 s. ISBN 978-3-89578-333-3.
2. Firemní technická dokumentace pro použité komponenty řídicího systému.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Poděkování

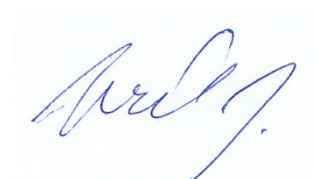
Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D. za pomoc a podporu při tvorbě bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Datum: 4. 5. 2012

Podpis

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'A. Kozior', is written on a light blue rectangular background.

Abstrakt

Přeprava a nezměněná kvalita čokoládových hmot je ve výrobní praxi firem zabývajících se výrobou a formováním velice důležitou součástí. Proto se stále vyvíjí a zdokonalují zařízení na dopravu a jejich skladování.

Cílem této bakalářské práce je popis navržených a následně provedených úprav řídicího systému v PLC a HMI vizualizace ve výrobně čokoládových hmot Nestlé Česko s.r.o Olomouc ZORA. Popisovaná zařízení dostalo pracovní název MOLCH. Velice propracovaný čerpací systém pracuje na základě požadavků výrobních oddělení a výrovny hmot. Celý systém používá k čerpání všech druhů hmot pouze jedno dopravní potrubí. Molch je řízen PLC automatem Siemens Simatic S7-400 s vizualizací na uživatelském panelu MP370 a PC.

Abstract

Transport and unchanged quality of the chocolate mass is in the manufacturing practices of companies engaged in production and the formation of a very important part. It is still evolving and improving facilities for transport and storage.

The aim of this thesis is a description of the adjustments proposed and prepared by management and editing software visualization mass production of chocolate Nestle ZORA Olomouc Czech s. r. o. The described device was given the working title MOLCH. Very sophisticated pumping system operates based on the requirements of the production department and mass balances. The entire system used to draw all kinds of materials, only one transport pipeline. Molch is controlled by PLC Siemens Simatic S7-400 with visualization on the user panel MP370 and PC.

Klíčová slova

PLC, Automat, Siemens, Uživatelský panel, OP, Měření, Čerpání, Přeprava, Molch, Stoper, Senzor, Turck, Multiplexer, SICK, BCD, Konže, Zásobník, MUX, Trigger, Klopný obvod, PID, Duplikace

Key words

PLC, Automat, Siemens, User panel, PC, OP, Measurement, Pump, Stoper, Transport, Senzor, SICK, Turck, Multiplexer, BCD, MUX, Tank, Trigger, Flip-flop, PID, Duplikation

Seznam použitých názvů a zkratk

PLC	programovatelný automat
Stoper	pneumatické zařízení k pevnému nastavení trasy Molchů
Molch	hlavní nástroj k nastavení požadované trasy v potrubí
STEP7	programovací jazyk PLC Siemens
Profibus	průmyslová komunikační sběrnice
WinCC 2008	programové prostředí pro tvorbu vizualizací
NVH	provoz pro výrobu čokoládových hmot
Konže	hnětací zařízení o objemu 3-9t určeno pro zušlechťení, zjemnění a dehydrataci čokoládových hmot
VPS 50t	mezizásobník čokoládových hmot o objemu 50t s technologickou výbavou pro skladování čokoládových hmot
Pneu ostrov	pneumaticky ovládaný rozvaděč tlakového vzduchu a přesnému dávkování tlakového vzduchu do potrubí Molcha k řízení pohybu a jeho rychlosti
MUX	multiplexer
Senzor	elektronické zařízení ke snímání poloh ventilů a Molchů pro průmyslové prostředí
Sensit	výrobce snímačů teplot s převodníkem hodnot
ASCO	výrobce pneumatických pohonů
ET200s	komunikační karta Siemens pro rozšíření stávající aplikace
Merker	paměťové místo programovatelných automatů Siemens
Trigger	(česky spoušť) definuje činnosti, které se mají provést v případě přesně definovaného času
OB35	cyklicky spouštěný blok v PLC Siemens
FC	programová oblast PLC pro cyklicky spouštěný program
PID	blok proporcionálně integračně derivačního regulátoru
Duplikace	potrubí s dvojím pláštěm Molcha, v plášti proudí voda, která nahřívá potrubí cca na 45C

Obsah

1 Úvod	7
2 Popis současného stavu systému.....	9
2.1 Základní prvky systému	10
2.2 Popis principu	12
3 Původní stav řídicí aplikace a vizualizace.....	15
4 Problémy původní řídicí aplikace	17
4.1 Navržené úpravy řídicího systému čerpání	17
5 Odsimulované a následně aplikované změny řídicího algoritmu a vizualizace	18
5.1 Princip doplnění sekvence při kontrole Molchů	19
5.1.1 Výběr zařízení k blokaci	19
5.1.2 Popis algoritmu nabíjení Molchů	20
5.1.3 Úprava a popis Vizualizace	21
5.2 Instalace hmotnostních průtokoměrů Krohne	23
5.2.1 Popis a výběr prvků řízení	23
5.2.2 Popis algoritmu měření, výpočet	25
5.2.3 Úprava a popis vizualizace	27
5.3 Řízení rychlosti Molchů v potrubí	27
5.3.1 Popis a výběr prvků řízení	28
5.3.2 Princip měření rychlosti, výpočet	29
5.3.3 Úprava PLC algoritmu a popis vizualizace	30
5.4 Teplotní monitoring trasy	32
5.4.1 Výběr prvků – blokové zapojení	33
5.4.2 Popis algoritmu snímání a řízení.....	34
5.4.3 Popis vizualizace.....	34
6 Závěrečné zhodnocení provedených úprav	38
7 Použitá literatura	38

1 Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na popis aplikovaného zařízení v závodě na výrobu čokoládových hmot společnosti Nestlé Česko s.r.o. závod ZORA Olomouc a následně navržené a provedené rozšíření řídicího systému a vizualizace, které byly aplikovány po instalaci a uvedení do provozu.

Jde o složité zařízení jak z pohledu kvality výroby tak i hygieny a dodržování správné výrobní praxe. Zařízení s pracovním názvem „MOLCH“ slouží k automatickému čerpání čokoládových hmot v části výroby čokoládových hmot při ukončení procesů zušlechťení a konžování k jejich následnému transportu do ostatních výrobních budov a následnému zpracování, formování do finálního výrobku.

Tento způsob dopravy řeší požadavek zadavatele k levné a však kvalitní dopravě čokoládových hmot po zpracovatelských provozech. Čerpací systém je velice variabilní a je zapotřebí při výrobě cca 20 druhů základních čokoládových hmot mít možnost z konží přečerpávat hmoty na správná střediska a to vždy jedním zařízením. Z pohledu pracovníků výroby čokoládových hmot nedochází v automatickém režimu ke smíchání výsledných hmot. Velice výhodné je zpracování výsledných dat pro plánovače výroby, který má přesný údaj o množství vyrobených hmot v meziskladových zásobnících VPS50t. Z pohledu technika je Molch velice nenáročný na údržbu a na další investice do zařízení.

Další výhodou tohoto čerpacího systému jsou nízké náklady na pořízení při výrobě velkých objemů čokoládových hmot rychlá návratnost investic. Rychlá a automatická doprava mezi formovací provozy. Molch je bez větších úprav rozšiřitelný na další provozy a lze se připojovat na ostatní trasy Molcha přes speciální pneumaticky řízené potrubní propojovací zařízení.

2 Popis současného stavu systému

Systém čerpání Molch je založen na propojení všech výrobních zařízení konží v NVH jedním potrubím a to i všechny cílové mezizásobníky pro uskladnění čokoládové hmoty. Všechny tyto konže jsou od sebe navzájem odděleny pneumaticky ovládanými kulovými ventily s výstupním čerpadlem a patřičnými snímači pro komunikaci a vizualizaci celého systému čerpání.

Propojovací potrubí má světlost 160mm u každé konže je potrubí opatřeno T kusem s pneu-ventilem, snímači polohy ventilu i polohy Molcha v potrubí. Na straně výdeje z potrubí, čili v meziskladu hmot VPS je potrubí vybaveno stejným technologickým vybavením a navíc je zde umístěn stoper pro přesné držení Molcha v dané pozici. Při nedostatku čokoládové hmoty na formovacích provozech se dají všechny Molchy pomocí speciálních trojcestných vyhybek propojit přímo tak, že se úplně vyhneme meziskladu VPS – tímto propojením získáme zkrácení prostojů výrobních linek z důvodů zpoždění či strojních poruch ve výrobě čokoládových hmot.

Systém Molch se již z popisu zdá být zcela soběstačný a plně automatický, ale i tento systém potřebuje dohled člověka jak pro základní kontrolu Molchů, tak i při řešení vzniklých poruchových stavů, vizuální kontrolu zařízení, kde vždy dochází k opotřebení Molchů.

Molch jakož to nejvíce namáhaná součást zařízení viz Obr. 1 je nutné pravidelně vizuálně kontrolovat, aby nedocházelo k únikům tlaku vzduchu a hmot v potrubí vlivem opotřebení stíracích hran nebo havárie Molchů, kde následné zbytky mohou kontaminovat hmotu jak v zásobníku, tak zbylou hmotu v potrubí.

Z důvodů dlouhých konžovacích časů až 24 hodin pro zušlechtění a získání patřičných parametrů hmot NVH svojí výrobní kapacitou nestihne rychle vyrábět potřebné množství čokoládových hmot. Při požadavcích na čerpání základních čokoládových hmot na více zpracovatelských provozů a následujících formoven je velice důležité, aby čerpací systém byl opatřen skladem hmot. Tento mezisklad se řešil pomocí dvanácti kusů 50 tunových duplikovaných zásobníků s patřičným technologickým vybavením pro uskladnění potravin VPS. Do těchto zásobníků systémem Molch jsou čerpány základní čokoládové hmoty, kde se následně skladují pro potřeby ostatních výrobních a formovacích budov. Z těchto zásobníků jsou dle požadavků výrobních budov čerpány na ostatní formovací provozy dalším systémem Molch.



Obr. 1 MOLCH o průměru 160mm, délka 250mm - materiál potravinářská pryž

Celý systém je plně vizualizován na dotykovém panelu umístěným ve výrobních budovách a na PC ve velínech provozů. Automatický čerpání proces je založen na požadavcích potřeby hmot z jiných provozů či formoven.

Na nový úkol čerpání čokoládových hmot řídicí systém upozorní operátora, který následně zavede do výroby tuto hmotu. Po cca 24 hodinách je hmota připravena k transportu Molchem. Operátor si zadá zdroj čerpání a cíl čerpání, pak následně spustí start cyklu. Pokud je vše OK, to znamená, že požadovaný vyrobený objem hmoty se vejde do cíle bez poruch přetečení cílových zásobníků VPS, bez poruch teplot a tlaků na trase, spustí se cyklus čerpání a pokračuje tak dlouho, pokud požadavek není úspěšně dokončen. Vždy má operátor možnost vstoupit do tohoto cyklu pozastavením nebo ukončením úkolu. Nebo se spuštěný úkol sám zastaví na vzniklé důležité poruše, která by ovlivnila kvalitu hmoty nebo postup správné výrobní praxe.

Základním prvkem je, jak již bylo zmíněno je Molch ten se pohybuje pomocí stlačeného vzduchu nebo tlakem čerpané čokoládové hmoty mezi začátkem a koncem v potrubním systému. V potrubí jsou zapotřebí vždy Molchy dva, jeden pro nastavení konce trasy a druhý pro závěrečné setření a čištění potrubí pro další úkoly čerpání ostatních hmot. Nesmí dojít k následnému smíchání a tím i ke změně kvality čokoládové hmoty. Na začátku i na konci potrubí jsou umístěny tzv. pneu ostrovy, které mají za úkol přesně rozdělit a nadávkovat tlakový vzduch do potrubí, aby byly Molchy umístěny na správné místo potrubního systému. Pneu ostrovy též slouží k vyndávání a opětovnému nasazení Molchů do potrubí při vizuální kontrole viz Obr. 2.



***Obr. 2** Realizované pneu ostrovy pro posun Molchů*

Velice důležitým prvkem jsou vstupy do potrubí na začátku a konci potrubního systému k vyjmutí, následné kontrole a zpětnému nasazení Molchů při kontrole viz Obr. 3



***Obr. 3** Detail nabíjecího otvoru u pneu ostrovu*

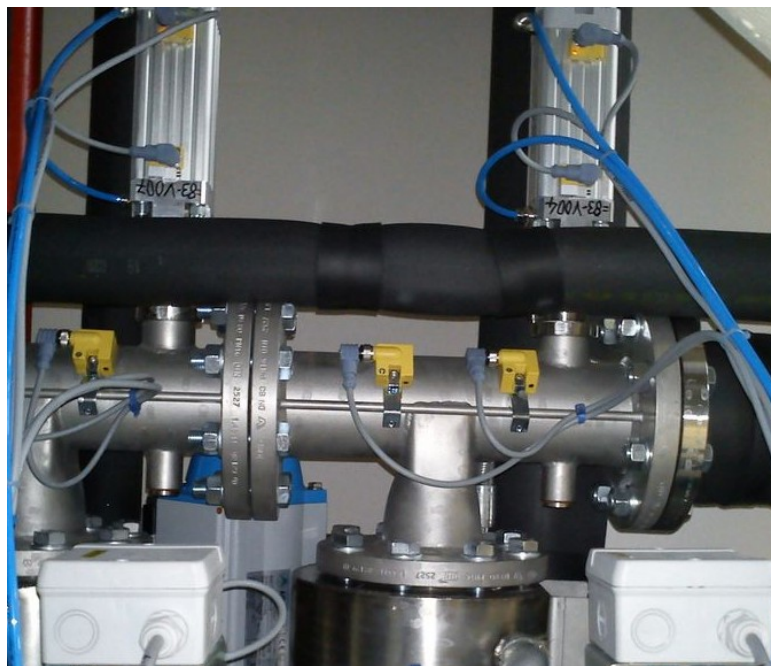
Další důležitým prvkem zařízení používané hlavně v cíli Molcha jsou stopery viz Obr. 4. Tyto pneumatické zařízení podobné pístnicím se snímači polohy na pneu pohon slouží v potrubí k zastavení Molchů na správné pozici k čerpání při změně trasy.



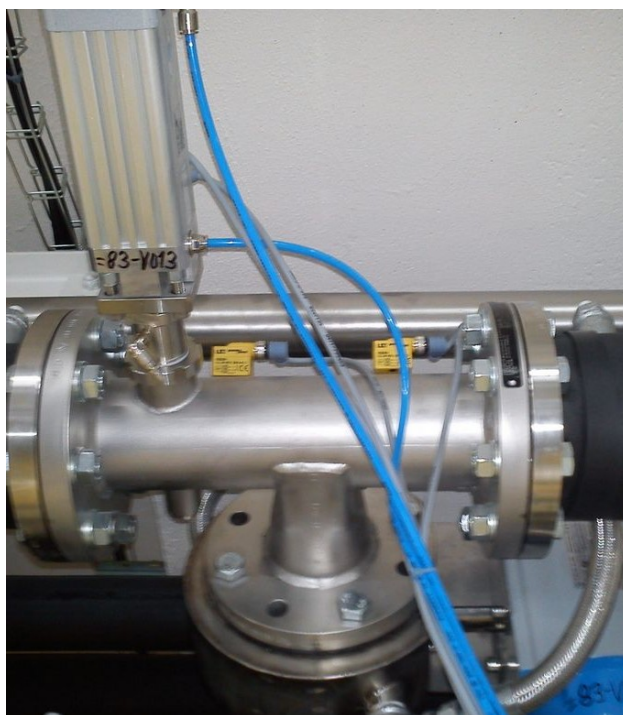
Obr. 4 Detail pneumatického stoperu se snímači polohy

Jak bylo zmíněno je nutné Molchy udržet ve správné pozici v cíli čerpání. K tomu slouží stopery a potrubní T kusu s ventilem na odbočce pro výstup z potrubí a navazující vstup do mezizásobníku VPS 50t.

Před odjezdem Molcha ze startovacího pneu ostrovu se zasune jeden za stoperů do potrubí a způsobí pomalu tlačnému Molchu zábranu v chodu a ten se zastaví přímo za výstupním ventilem do mezizásobníku VPS, stav je indikován inductivními snímači TURCK viz Obr. 5. Jakmile Molch dojede na požadovanou pozici, otevrou se ventily na příslušné trase a zapne se zubové čerpadlo RPT které vyčerpá obsah končí do mezizásobníku VPS. Po dokončení čerpání, který je sledován senzorem tlaku nainstalovaným na potrubí viz Obr. 6 vyjede z pneu ostrovu druhý Molch, který je tlačén taktéž tlakovým vzduchem k cíli. Tento druhý Molch stírá v potrubí zbytky čerpané čokolády a směřuje k cíli čerpání i prvním Molchu. 99,9% hmoty z potrubí se vytlačí do cílového zásobníku VPS. V okamžiku kdy se Molchy potkají v cíli, uzavře se příjmový ventil do zásobníku VPS i ventil nad čerpanou končí a odtlačuje se potrubí od zbylého tlakového vzduchu. Vysunou se blokové stopery, které drží Molchy v pozici. Z druhého pneu ostrovu na konci potrubní trasy se tlakem vzduchu tlačí oba Molchy zpět ke startovacímu pneu ostrovu kde Moloch čeká na další úkol čerpání. Pohled na realizaci odboček i cílových stanic se stopery u zásobníků VPS je na Obr. 7 a Obr. 8.



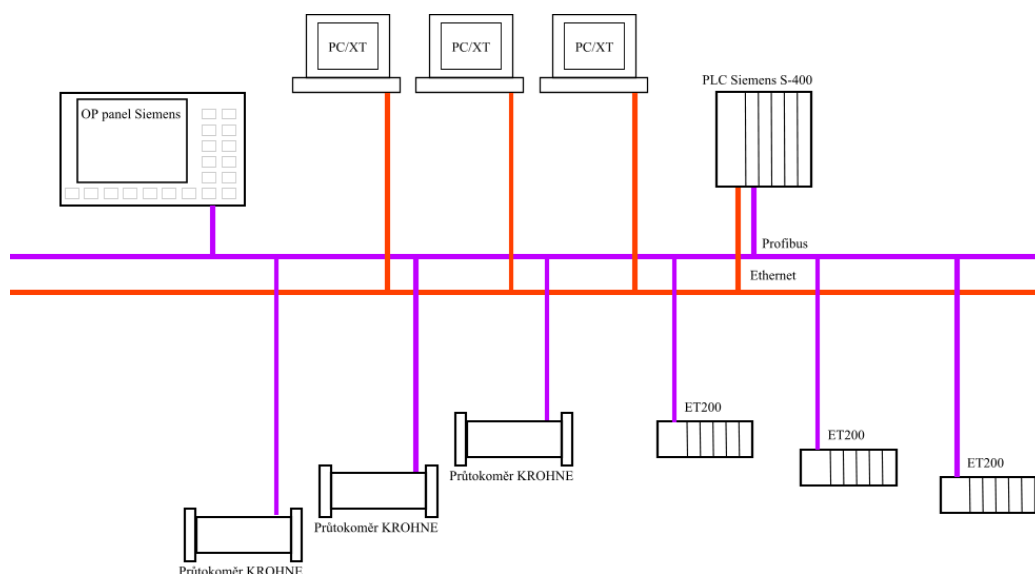
Obr. 7 Detail reálného provedení cílových stanic MOLCH



Obr. 8 Detail reálného provedení cílových stanic MOLCH

3 Původní stav řídicí aplikace a vizualizace

Z několika uvažovaných řídicích systémů nakonec zvítězily PLC firmy Siemens. [3] „Automat řady S7-400 s komunikací ethernet, profinet a profibus“. Vybrán byl jak kvůli možnému rozšíření zařízení, síťové komunikaci a dalším možným změnám řídicího PLC. Bloková část sítě profibus a ethernet je znázorněna na Obr. 9.



Obr. 9 Blokové zapojení části sítě profibus a ethernet

Pro sběr veškerých provozních dat ze snímačů, průtokoměrů a poloh je kvůli vzdáleným místům provedeno po sběrnici Profibus a na kterých operují další síťové moduly ET200S.

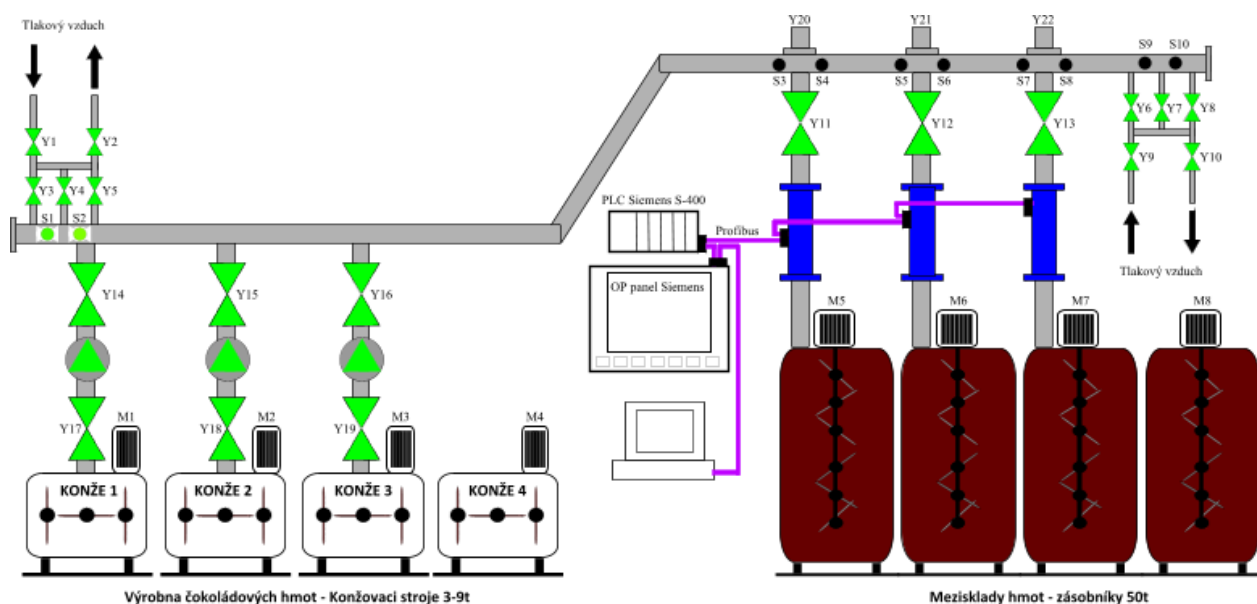
Zařízení se většinou používá v plně automatickém provozu to znamená, že reaguje na podněty a požadavky výrobních provozů bez zásahů obsluhy. Jde samozřejmě ovládat i plně ručně např. pro nastavení nespecifikovaných tras mezi výrobními provozy. Toto ovládání je velice zdoluhavé a náročné na znalost zařízení. Při sebemenší chybě může, dojí k velkým škodám jak na technologické výbavě zařízení, tak na čerpaných hmotách.

Pro vizualizační rozhraní HMI byl vybrán panel MP-370[3] „HMI panel pro náročné aplikace v průmyslových provozech“. Je nasazen ve výrobních prostorách NVH pro okamžité zásahy jak výrobního úseku, tak pracovníků údržby při servisu či haváriích. Dále se k vizualizaci a zadávání požadavků používá osobních počítačů DELL ve velínech provozů.

Cílem vizualizace Molcha bylo celkově ztvárnit zařízení, tak jak vypadají i ve skutečnosti, aby se dalo lépe orientovat v celém čerpacím systému. Na Obr. 10 je znázorněn blokový návrh vizualizace.

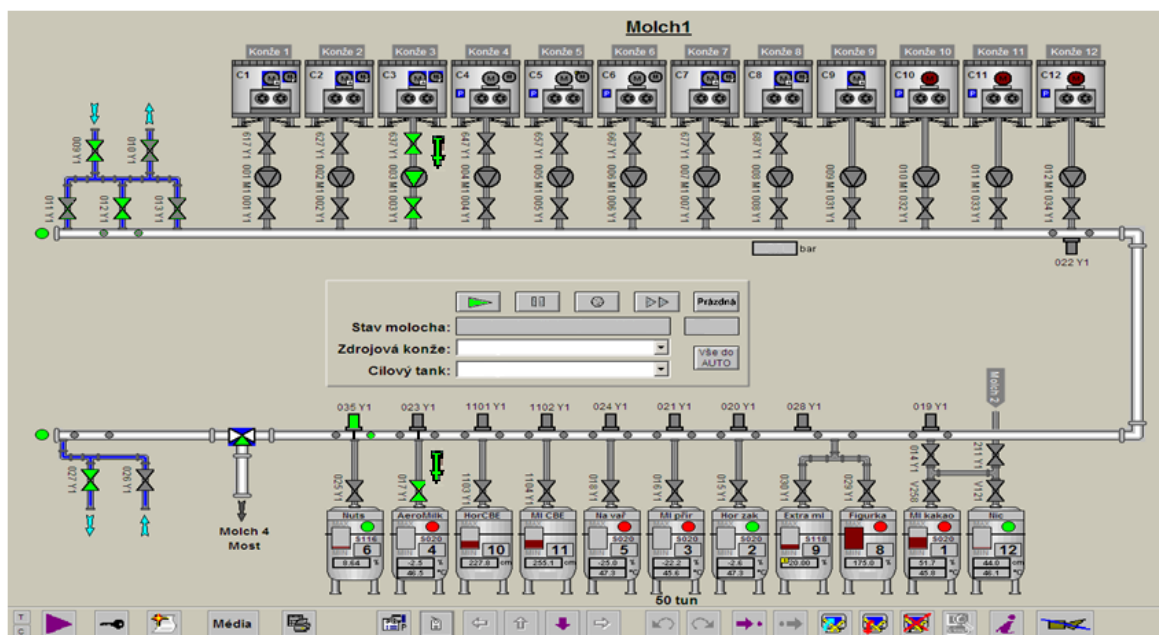
Celá vizualizace byla vytvořena v grafickém programovém prostředí WinCC Flexible 2008 HF3 [3] „softwarová aplikace pro tvorbu vizualizací zařízení HMI“.

Celý řídicí program pro PLC Siemens je vytvořen v programu Siemens Manager - STEP7 [3] „softwarová aplikace pro tvorbu řídicích algoritmů PLC “



Obr. 10 Blokové schéma části čerpacího systému

Na Obr. 11 je původní neupravené vizualizační schéma čerpacího systému, který bylo použito na ovládacích panelech a PC ve velínech NVH.



Obr. 11 Původní vizualizace

Původní řídicí aplikace v PLC s vizualizací dodala firma Compas Automatizace s.r.o. Žďár nad Sázavou

4 Problémy původního řízení

Každá ze součástí řízení byla testována na různé stavy a okamžiky které mohou nastat. Takto rozsáhlé testování všech akčních prvků je velice náročné na čas. Některé prvky např. magnetoindukční senzory pozice stoperů a Molchů byly u většiny vytipovány a vyměněny za jiný model s větším snímacím dosahem. Dalším velkým problémem byly velká rychlost, opotřebení Molchů a jejich rozbíjení o stopery, zamrzání potrubí v zimních měsících, nepřesné měření objemu skladových zásobníků VPS 50t a nízké zabezpečení obsluhy při kontrolách Molchů.

V řídicí aplikaci a následně i vizualizaci došlo k velkým změnám a to v doplnění sekvencí řízení rychlosti, monitoringu teplot, zvýšení bezpečnosti při vizuální kontrole a k snímání hmotností skladovacích zásobníku VPS 50t přesnějším způsobem.

Po ukončení testování a zjištění nedostatků byly navrženy další postupy úprav řídicí aplikace, které byly v prvním pololetí 2012 postupně aplikované a testované v ostrém provozu.

4.1 Navržené úpravy řídicí aplikace

- 1 Zvýšení bezpečnosti při kontrole Molchů.
 - 1a - Pneumatické zamykání konců potrubí mezi kontrolními cykly.
 - 1b - Inicializace a sekvenční postup výměny Molchů na panelech všech vizualizací po, které je možno dále čerpat.
- 2 Instalace hmotnostních průtokoměru hmot, úprava řídicí aplikace a vizualizace na zásobnících VPS pro přesné určení hmotnosti. Tím i přesné zjištění hustot čerpaných hmot, na straně příjmu a výdeje hmot ze skladových zásobníku VPS 50t.
- 3 Instalace pneumatického proporcionálního ventilu pro řízení rychlosti Molchů při přesunech v potrubí jak v AUT tak i v RUČ režimu, úpravou řídicí aplikace a vizualizace. Při velkých rychlostech Molchů dochází k velkému opotřebení hran třením v potrubí a k haváriím Molcha z důvodů vysokých přepravních rychlostí. Viz.: Obr. 11 a Obr. 12.
- 4 Teplotní monitoring dopravního potrubí při průchodu venkovními prostory a následné blokování úkolů čerpání.



Obr. 12 Rozbitý Molch díky vysokým přepravním rychlostem v potrubí



Obr. 13 Rozbitý Molch díky vysokým přepravním rychlostem v potrubí

5 Aplikované úpravy řídicí aplikace a vizualizace

5.1.1 Zvýšení bezpečnosti při kontrole Molchů.

Při pravidelné vizuální kontrole Molchů se vždy musí otevřít záslepky na koncích potrubí nasadit přípravek k vytažení viz Obr. 15. V těchto okamžicích může dojít k nebezpečným situacím zranění obsluhy. A to tím, že není v programu tento proces nasazení a zajištění přípravku. Dále pak může dojít vlivem poruchy nebo zásahu cizí osobou při nasazování přípravku na potrubí ke zvýšení tlaku v potrubí na trase a tím pádem k výjezdu Molchů z potrubí a k následnému úrazu obsluhy.

Navržená změna spočívá v instalaci optické a zvukové signalizace probíhající kontroly následná blokace čerpání. K výběru pneumatického zámku bylo mnoho kvalitních renomovaných výrobců automatizační techniky. Z důvodů nejvyšší bezpečnosti a kvality byla pro tento bezpečnostní prvek vybrána firmy Omron [2]. Na Obr. 14 je vybraný elektromagneticky uzamykatelný bezpečnostní spínač, který je nainstalován na začátek i konec potrubí. Tento bezpečnostní spínač zajišťuje skutečné uzavření potrubí či nasazení kontrolního přípravku. Nadále bude doplněna zadávací sekvence a povolení kontroly Molchů a práce na otevřeném potrubí ve vizualizaci a zároveň blokování manipulace všech pneumatických akčních členů, které mohou způsobit nebezpečný stav na systému při kontrole.



Obr. 14 Elektromagnetický zámek na konci a začátku potrubí

5.1.2 Popis algoritmu, blokové schéma instalace.

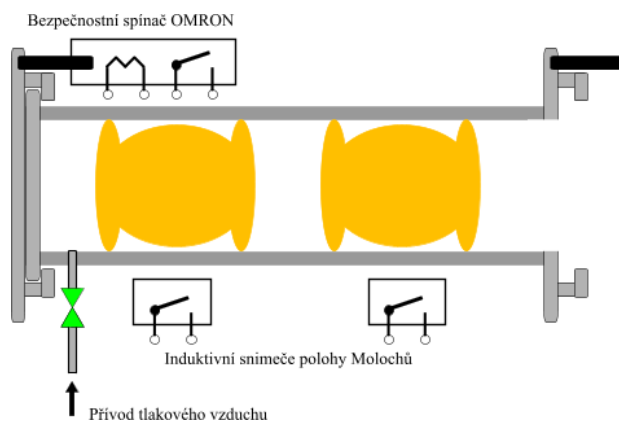
Na Obr. 15 a Obr. 16 je blokový náčrt umístění bezpečnostních zámků Omron na potrubí Molcha. Jak je zmíněno, zámkové slouží ke zvýšení bezpečnosti obsluhy při vizuální kontrole Molchů.

Algoritmus blokace není příliš složitý. V okamžiku kdy nastane doba vizuální kontroly Molchů a to po pravidelné době chodu (cca po 72h nebo havárii) se zařízení po návratu do výchozích pozic zastaví a vyzve obsluhu ke kontrole.

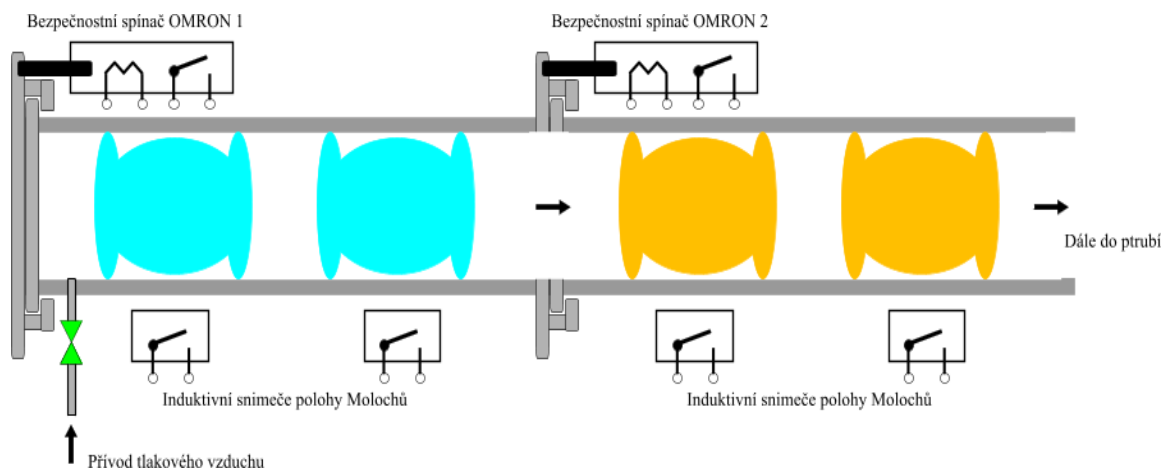
Postup povolení kontroly Molchů - dokončení úkolů čerpání, odtlakování, stav klidu, odjištění, uzavření potrubí, nasazení vyndavacího přípravku a zadání startu sekvence kontroly obsluhou.

Před nasazením přípravku na potrubí musí být celé potrubí odtlakováno a v klidu, po potvrzení výměny Molchů se otevře okno pro ovládání viz Obr. 18. Nasazení se přípravek na vyjmutí Molchů z potrubí, provede se zajištění a elektromagnetické uzamčení. Na vizualizaci se potvrdí nasazení, v tomto okamžiku tlakový vzduch přesune Molchy do nabíjecího (kontrolního) přípravku.

Nabíjení zpět po kontrole do potrubí probíhá podobně jak předchozí vyjmutí z potrubí. Po nasazení nabíjecí stanice na potrubí s Molchy se potvrdí sekvence nabíjení. Po kontrole přítomnosti Molchů a uzamčení potrubí se spustí sekvence výsunu z nabíjecího přípravku do pneu ostrova startovací stanice. Po tomto kroku se potrubí odtlakuje, sundá se nabíjecí stanice a konec potrubí se uzavře zátkou taktéž s nožem pro elektromagnetický zámek. Po úspěšném nasazení Molchů do potrubí je tlačítkem ve vizualizaci připraveno potvrzení konce sekvence nabíjení. Systém je připraven plnit další čerpací úkoly.



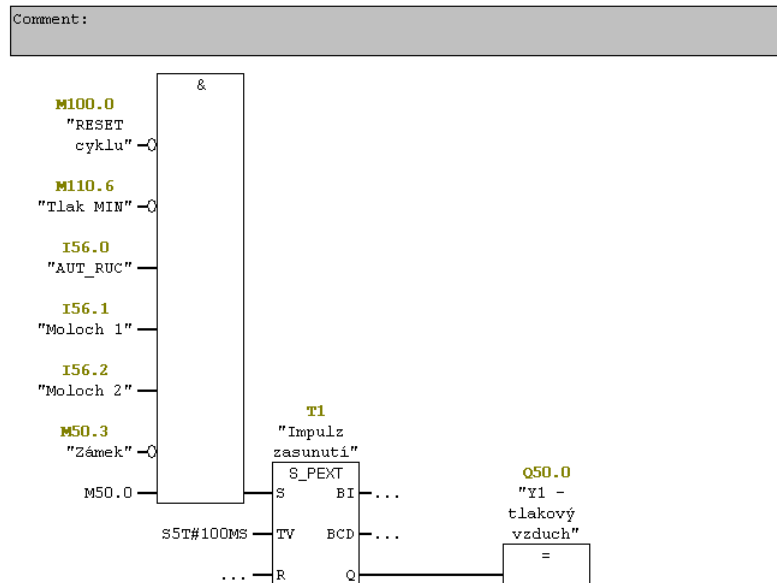
Obr. 15 Přípravek pro automatické vyndávání a opětovné nasazení Molchů při kontrole



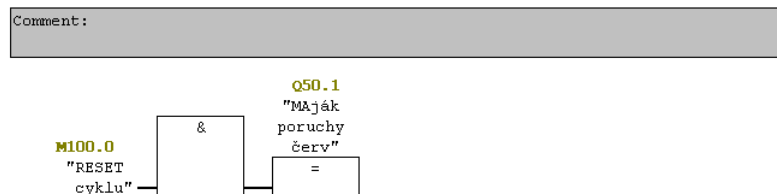
Obr. 16 Blokový náčrt instalovaných elektromagnetických zámků OMRON

Na Obr. 17 je část řídicího programu systému doplněného o patřičné bloky, který zajistí bezpečnou práci při kontrole Molchů. Bloky v řídicím programu PLC zpracovávají informace od senzoru tlaku, poloh Molchů, času vizuálních kontrol a režim systému. Následně zajišťují blokaci všech pneumatických akčních členů na trase kontroly a odkazy merkerů pro vizualizační panely

Network 1: Indikace zamčení a stavu přípravku pro kontrolu



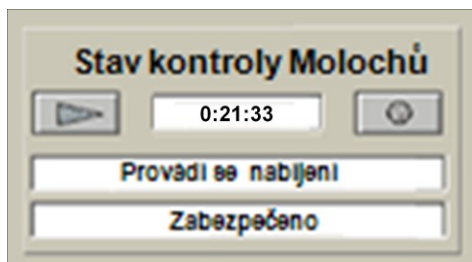
Network 2: Indikace komplexní poruchy všech aktuátorů



Obr. 17 Část řízení indikace a ovládání stavu zámku potrubí

5.1.3 Popis vizualice a sekvence úkolu kontroly Molchů

Ve vizualizaci byla provedena zásadní změna sekvence kontrol při vyjmutí a opětovném zavedení Molchů do potrubí. Přibylo stavové okno pro správu při manipulaci s Molchy. Veškeré potřebné stavy jsou indikovány v indikačních oknech. Čas probíhající kontroly, okamžitý stav úkolu, bezpečnost sekvence, blokace s tlačítky pro spuštění sekvence vyjmutí a zavedení Molchů do potrubí a ovládací tlačítka.



Obr. 18 Pole ve vizualizaci pro ovládání a kontrolu Molchů

Okno stavu a spuštění sekvence se ve vizualizaci objeví pouze po přihlášení údržbou, obsluhou čerpání nebo administrátorem systému. Celá sekvence kontroly probíhá z důvodu dodržení bezpečnosti postupně za sebou v daný časový interval s potvrzením kroku. Nelze části sekvence obcházet.

Sekvence postupu výměny probíhá v následujících krocích:

- a) Výzva obsluhy ke kontrole Molchů – návrat do startovacích pneu rozdělovače, odtlakování potrubí
- b) Potvrzení obsluhou tlačítkem OK
- c) Opětovná kontrola tlaku a automatické odtlakování celého potrubního systému Molcha a zadání startu kontroly
- d) Odstranění ucpávky na startovacím pneu ostrově
- e) Nasazení přípravku na potrubí pro vyjmutí a zavádění Molchů do potrubí viz Obr. 16
- f) Potvrzení nasazení a opět tlačítko start sekvence vyjmutí
- g) Interval klidu systému pro vizuální kontrolu Molchů, měření a focení
- h) Zpětné nasazení přípravku na potrubí
- i) Potvrzení nasazení přípravku na panelu vizualizace
- j) Stisk tlačítka start pro započetí sekvence zavedení do potrubí
- k) Přesun Molchů do čerpacího potrubí a následný návrat do startovacího pneumatického rozdělovače tlaku
- l) Odtlakování celé čerpací trasy s výzvou na panelu k odstranění kontrolního přípravku
- m) Zaslepení potrubí a potvrzení konce sekvence na vizualizačním panelu

5.2 Instalace hmotnostních průtokoměrů pro přesné měření objemu zásobníků 50t VPS

Následujícím doplněním a úpravou řídicího systému je přesné měření příjmu a výdeje čokoládové hmoty ze zásobníků VPS 50t. Původní princip měření tlaku sloupce na membránu snímače tlaku nebylo přesné z důvodů různých hustot hmot. Pro přesné měření byl zvolen průtokový senzor Optimas 7000 firmy Krohne [1]. „*rozsah 500 až 2000 kg/m³ s titanovou měřicí trubicí, výstup - proudový, datový, pulzní, hart, profibus*“ pro získání informace o objemu v zásobnících. Instalací hmotnostních průtokoměrů jak na vstup, tak i na výstup ze zásobníku dostaneme přesnou informaci o objemu čokoládové hmoty v tunách, přesný průtok a hustotu veškeré výpočty se provádí v PLC viz Obr. 19 Obr. 20.

5.2.1 Výběr a princip snímače průtoku.

Princip měření hmotnostního průtoku je založen na využití Coriolisova jevu kapalin vztažen k rotaci molekul způsobeným rotací země. Tento způsob je velice přesný a stabilní. Je aplikovatelný na různé kapaliny a plyny. Použitý senzor - **Optimass 7000 P – fy. KROHNE**, viz obr. 14.

PLC sbírá data z veškerých průtokoměrů zásobníků VPS 50t připojených na síť profibus. K prvotnímu nastavení dochází při prázdném zásobníku. Stav po odečtu 0t. Přichází data po profibuse jsou v PLC odečtena. Čili od vstupní hodnoty do zásobníku se odečítá výstupní hodnota ze zásobníku a tím dostaneme průběžný dynamický obsah zásobníku. Vše je patřičně zobrazeno ve vizualizaci. Kalibrace a nulování senzorů provádí administrátor nebo údržba systému při čištění zásobníku nebo po poruše. Jinak tenhle systém měření objemu je bezúdržbový. Část kódu je zobrazena na obr. 15.

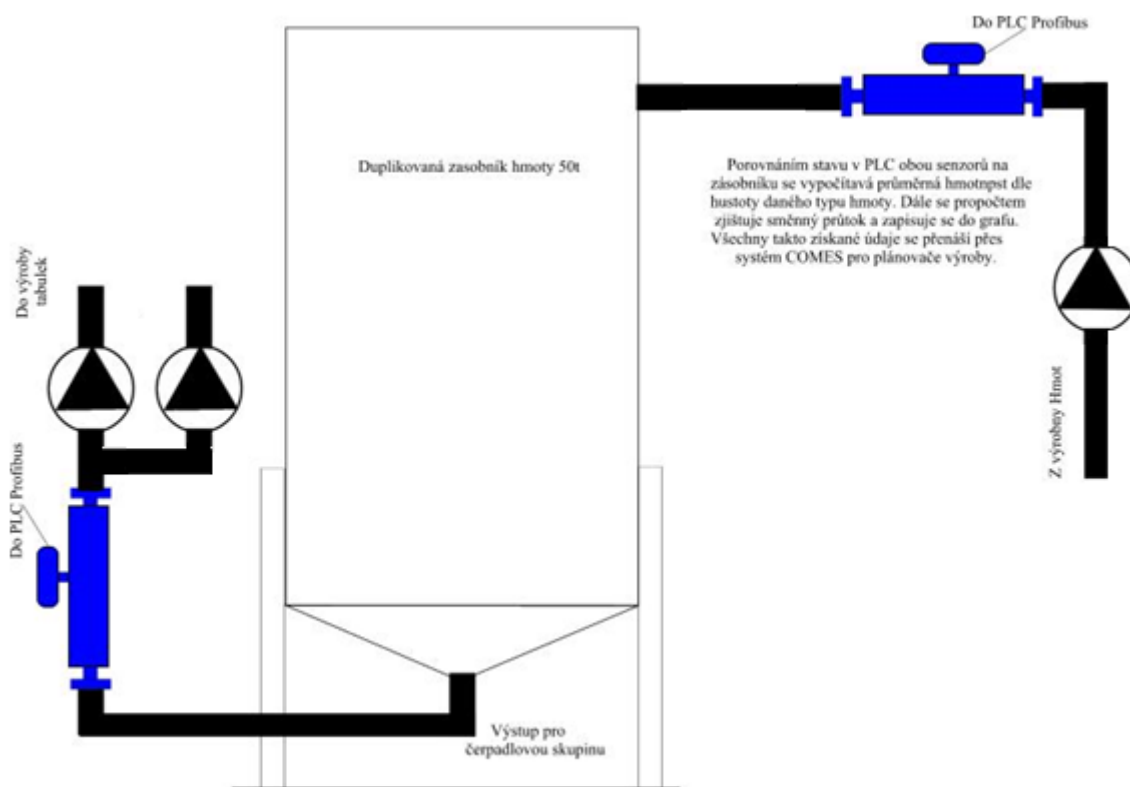


Obr. 19 Senzor hmotnostního průtoku Optimass 7000 firmy KROHNE



Obr. 20 Senzor hmotnostního průtoku Optimass 7000 firmy KROHNE

Na Obr. 21 je zobrazen blokový náčrt technologického připojení průtokových snímačů v zásobnících skladu VPS. Na každý zásobník postačují dva průtokoměry. I když cena takových přesných průtokoměrů je docela vysoká, vrátí se vynaložená investice v přesném stavu zásob pro plánování výroby, plánování směn výroby a jiných vyplívajících činností. Hlídaní průtoku napomáhá též k odhalení vznikajících poruch na příjmovém či výdejovém potrubí. Díky změně průtoku lze stanovit a naplánovat opravu čerpadel, čištění technologicky velice náročných magnetických sít pro zachytávání případných nečistot uvolněných z čerpadel atd.



Obr. 21 Blokový schéma technologického připojení hmotnostních průtokoměrů

5.2.2 Popis algoritmu v PLC a vizualizace.

V řídicím PLC S7-400 byl doplněn blok pro načítání hodnot a výpočet viz Obr. 22. V tomto bloku se provádí načtení hodnot po profibus sběrnici a výpočet rozdílu hodnot vstupního a výstupního průtokoměru, nulování a povolení měření. Ve výsledném merkeru je uložen výsledek měření a na tento se váže vizualizace hodnoty s převodem na tuny na panelu.

Network 1 : Výpočet a indikace objemu a průtoku hmot VPS

Comment:

```
A      "Povolení měření"      M110.0
JNB    _001
L      "Vstup VPS 10"         MD24
L      "Výstup VPS 10"        MD28
-R
T      "Rozdíl VPS10"         MD32
_001: NOP 0
```

Network 2 : Indikace pro vizualizaci

Comment:

```
A      "Povolení NUL"        M110.1
JNB    _002
L      "Nulový MD"          MD36
T      "Nulování KROHNE"     MD40
_002: NOP 0
```

Network 3 : Title:

Comment:

```
A      "Povolení průtok"      M110.2
JNB    _003
L      "Průtok KROHNE"        MD44
T      "Indikace panel"       MD48
_003: NOP 0
```

Obr. 22 Část kódu k načítání hodnot z průtokoměrů

5.2.3 Popis úpravy vizualizace.

Ve vizualizaci bylo použito původní pole s hodnotou objemu zásobníku a přiřazeno výpočtu s průtokoměry. Jak bylo zmíněno pro nastavení a kalibraci snímačů musí být přihlášen administrátor systému. Tato činnost je přístupná v nastavení objemu a to dvojklikem na hodnotu objemu zásobníku viz Obr. 23.



Obr. 23 Úprava vizualizace zásobníků VPS – objem teplota, bargrafu, max. hladina

5.3 Řízení rychlosti molchů v potrubí

Jak již bylo v bodě 3 návrhu zmíněno, je aplikovaná úprava řízení proporcionálním dávkováním tlakového vzduchu na startovním a cílovém rozvaděči tlakového vzduchu do potrubí pro řízení přepravní rychlosti Molchů. Touto úpravou dosáhneme snížení opotřebení stíracích hran Molchů a zmírníme dojezdové nárazy na stopery při příjezdu do cílových pozic při přestavování tras čerpání nebo přesunu při čištění od zbytků čerpaných hmot.

5.3.1 Popis a výběr prvků pro řízení

Udávaná data od výrobce Molchů udávají maximální provozní rychlost v potrubí při průměru 80mm 1,6m/s, pro větší průměry (160mm) je přepravní rychlost menší a to 0,8m/s. Toto omezení vyplívá z použitých materiálů na výrobu a technologií zpracování potravinářské pryže. Tedy při vyšších rychlostech dochází k velkému opotřebení hran Molcha třením o vnitřní stěnu potrubí vznikajícím teplem působícím na hranu a následně vzniklé netěsnosti mezi hranou Molcha a vnitřní částí potrubí. Toto opotřebení způsobuje úniky vzduchu, netěsnost a následné posuny Molcha v potrubí a vzniklé poruchy a zastavení čerpací sekvence.

Současné řešení, které vychází z řídicí aplikace je nedostačující, dochází pouze k cyklickému plnění tlakovým vzduchem dvoustavovým ventilem 2s otv./5s zav. stav. Tímto řešením není kontrolována rychlost Molcha. Ve většině případů se po pár nárazech o cílový stoper rozbije a dochází ke kontaminaci čerpané hmoty. Díky havárii a vzniklým netěsnostem Molcha v potrubí je veliký problém dostat Molchy zpět k pneu ostrovu pro výměnu.

K řízení a snímání polohy Molcha bylo použito magnetoinдуктивní senzory firmy Turck viz Obr. 5. Navržený pneumaticky řízený velice rychlý proporcionální ventil firmy ASCO/JOUCOMATIC typ. NUMATICS viz Obr. 24, který upravuje průtok tlakového vzduchu na startovním a cílovým pneu rozvaděči do potrubí. Následnou expanzí tlaku v potrubí dochází k řízenému posunu Molchů k nastavenému stoperu či rozvaděči vzduchu. Dodržením přepravním rychlostí se velice snižuje opotřebení a následně i možné havárie Molcha.



Obr. 24 Ventil pro proporcionální řízení tlakového vzduchu ASCO

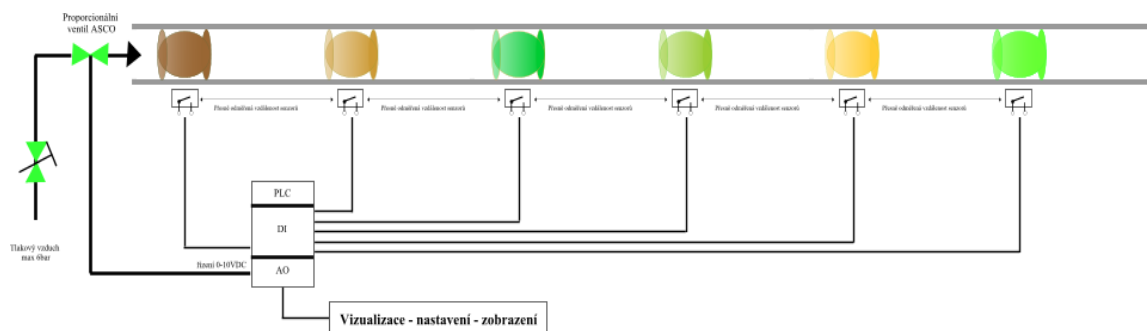
5.3.2 Popis principu snímání.

Celá trasa Molcha je z nerezového potrubí, takže máme možnost využít magnetického jádra Molcha a magnetoinduktivní senzory TURCK pro indikaci polohy v potrubí.

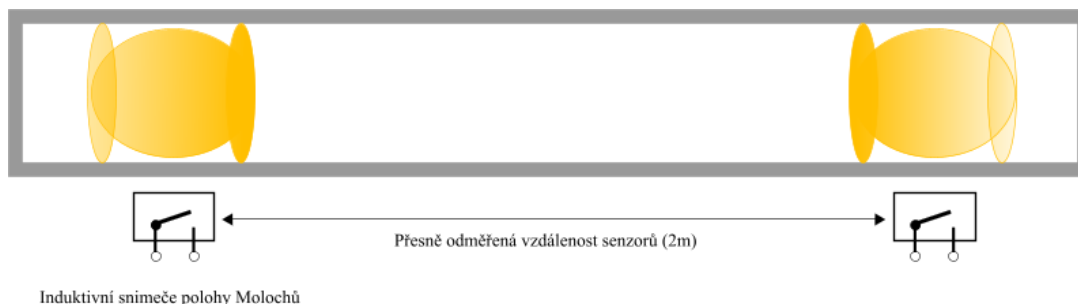
Snímače na potrubí ihned za dávkovacím rozvaděčem tlakového vzduchu jsou rozmístěny po 1m vzdálenosti za sebou v počtu 6ks. Tedy na 5m chodu získáme sníženou rychlost již za prvním snímačem a za posledním snímačem máme již stabilní rychlost Molchů.

Při průjezdu Molcha mezi prvním a druhým snímačem PLC zaznamená dobu průjezdu a dle vztahu pro výpočet rychlosti z hodnot času a vzdálenosti nastaví otevření proporcionálního ventilu ASCO. Dalším průjezdem mezi snímači 2 a 3 v řadě se připočte výsledná hodnota času k předešlé hodnotě a dle vypočítaného průměru se opět upřesní nastavení otevření proporcionálního ventilu ASCO. Stejný postup se opakuje mezi snímači 3 a 4, 4 a 5, 5 a 6. Výsledná hodnota otevření ventilu odpovídá zadané rychlosti, čili nastavenému průtoku vzduchu a tím pádem i rychlosti Molchů v potrubí s určitou procentuální odchylkou způsobenou krátkou trasou pro měření viz Obr. 25 a Obr. 26.

Při dalším zadání čerpání si PLC pamatuje poslední přepravní rychlost neboli hodnotu řídicího napětí pro proporcionální ventil ASCO a tu použije jako základní pro výpočet prvotního otevření proporcionálního ventilu. V tomto případě pokud nedojde k pojezdu Molcha na první senzor do 10s od zahájení čerpání zvýší se tlak v potrubí od posledního vypočítaného o 10%. Snímání a následný výpočet rychlosti postačí na začátku potrubí, protože s nastavenou rychlostí Molch pracuje celý úkol čerpání. S výpočtem ze snímačů pracuje již jen pro korekci rychlosti. Proporcionální ventil musí mít velice rychlé přestavení tlaku, celý děj snímání a výpočtu je velice rychlý, proto nelze použít servomotorických pohonů k řízení proporcionálních ventilů z důvodů dlouhých časů přestavení polohy.



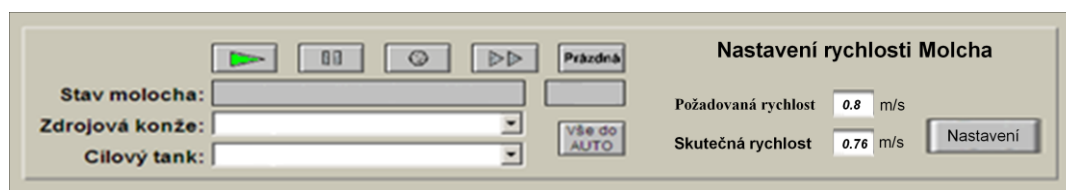
Obr. 25 Blokové schéma měření, snímání, řízení rychlosti



Obr. 26 Princip měření rychlost Molcha

5.3.3 Popis algoritmu PLC a vizualizace.

Z naměřených časů mezi snímači získáme základní informace potřebné k výpočtu Molcha dle vztahu $v=s/t$. Veškerý výpočet je prováděn řídicí aplikací v PLC a vizualizován na panelu obsluhy. Takto vypočteny hodnoty rychlosti jsou přesunuty do bloku s analogovým zpracováním PID algoritmu (y), kde na základě pevně nastavené hodnoty (w) z vizualizace bude nastavena armatura pro řízení průtoku tlakového vzduchu v potrubí pro přepravu Molcha. Ve vizualizaci byly stanoveny také meze přepravních rychlostí dané výrobcem viz Obr. 27.



Obr. 27 Vizualizace a nastavení rychlosti Molcha

Původní zadávací pole obsluhy čerpání vizualizace bylo rozšířeno o vizualizaci rychlosti Molchů, indikaci aktuální rychlosti v m/s, nastavení požadované rychlosti a základních PID parametrů algoritmu řízení do kterých má přístup pouze administrátor systému přes tlačítko nastavení.

Na Obr. 28 je znázorněna část algoritmu pro výpočet rychlosti. Z důvodů velikosti se nedá celý algoritmus publikovat v obrázcích. Celý program pro PLC je na přiloženém CD.

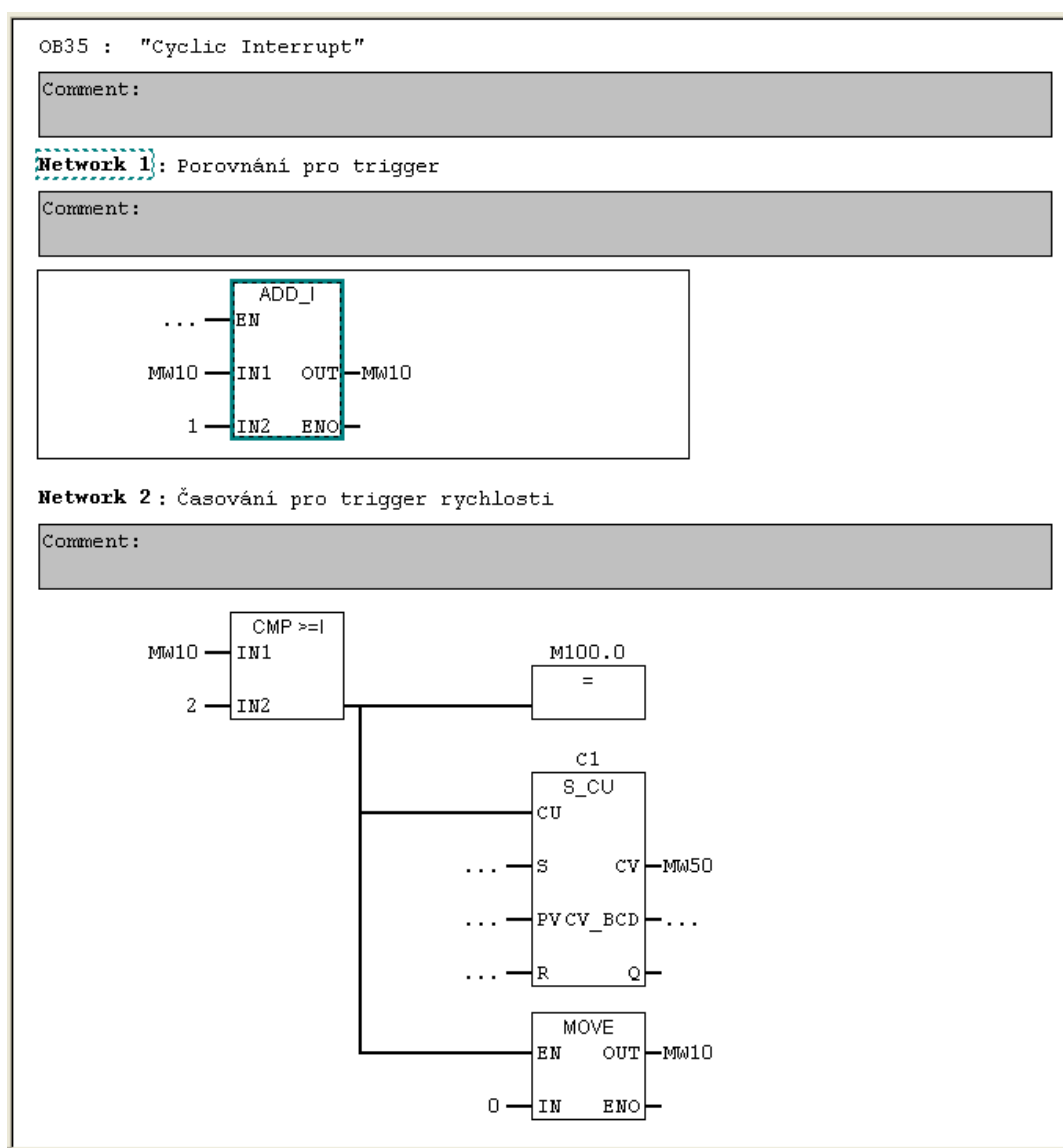
Jak již bylo řečeno rychlost Molchů se počítá ze základního vzorce pro výpočet rychlosti. Přesný triggerovací čas pro měření a výpočet se získává z probíhající smyčky v přesně cyklicky spouštěném bloku OB35. Zde pomocí cyklického přičítání a porovnávání hodnot se získává přesný takt pro trigger. Tyto hodnoty jsou použity pro triggerování klopných obvodů spouštěných instalovanými megnetoinduktivními senzory na potrubí, které jsou rozmístěny v přesně definované vzdálenosti. V našem případě byla zkušebně vybrána vzdálenost 1m.

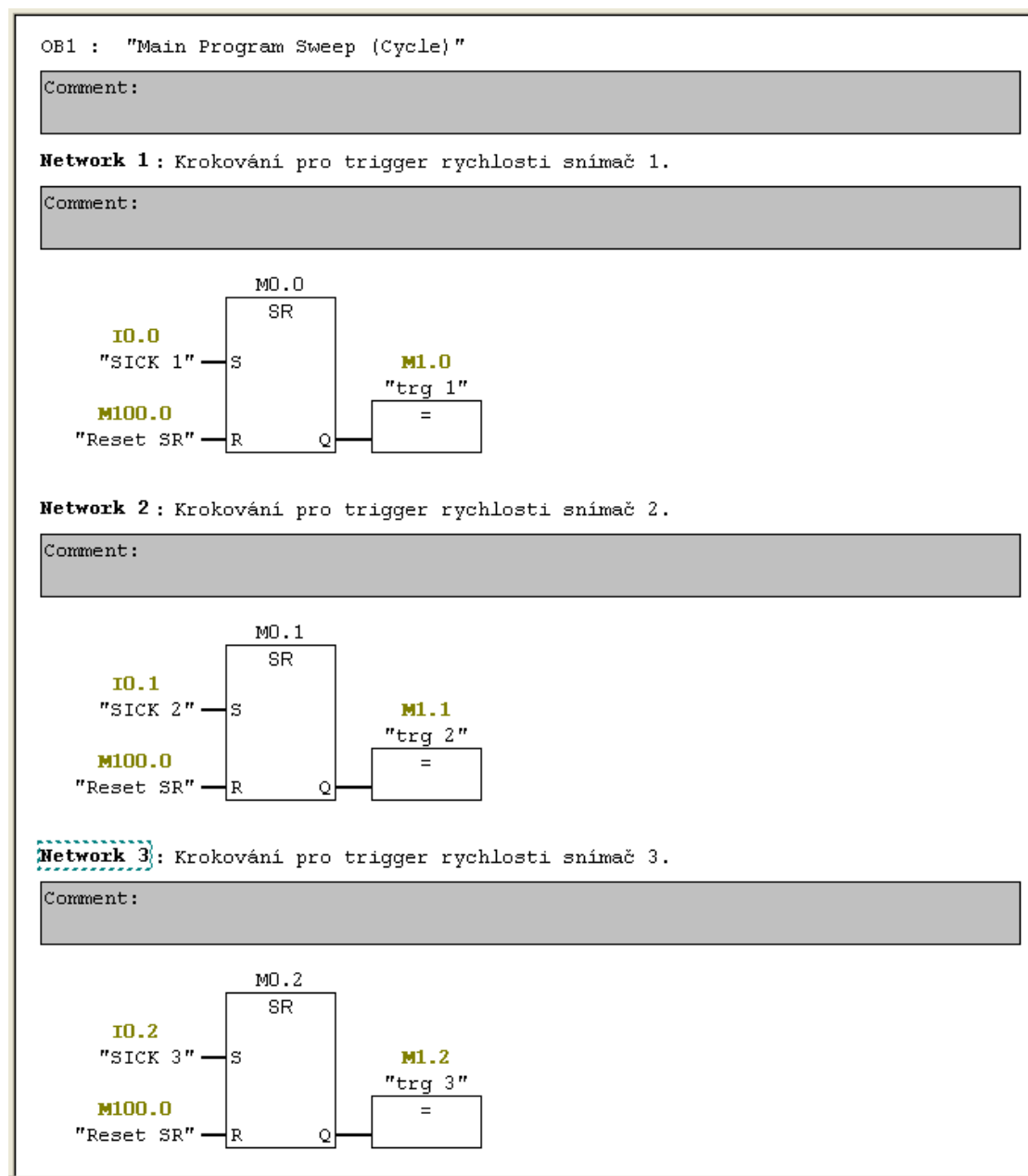
Při průjezdu Molcha prvním senzorem se přeplojí RS klopný obvod v FC bloku PLC. Tento blok spustí chod časovače, který počítá čas do merkeru PLC a ukončí se počítání v okamžiku průjezdu Molcha v pořadí druhým senzorem. Tímto přesným cyklem dostáváme základní údaje pro prvotní výpočet rychlosti. Vypočtená rychlost se zapíše do dalšího merkeru v PLC. Takto vypočtená rychlost se po zaokrouhlení použije jako požadovaná hodnota pro regulaci v bloku

PID PLC v programové oblasti OB35. PID regulátor je nastaven na co nejrychlejší akční zásah. Výstupní hodnota z bloku PID je již hodnotou pro řízení proporcionální armatury ASCO v rozsahu 0-100% průtoku tlakového vzduchu.

Průjezdem kolem ostatních snímačů 2 a 3, následně 3 a 4, 4 a 5 se provede stejné měření jako tomu je v případě průjezdu Molcha mezi snímači 1 a 2. Vypočtená rychlost se zápiše do dalších merkerů PLC.

Z takhle získaných časů se následně vypočítá v dalším FC bloku průměrná hodnota rychlosti pro vizualice.





Obr. 28 Základní část algoritmu z PLC pro měření rychlosti. Viz CD

5.4 Teplotní monitoring trasy

V současném stavu čerpacímu systému velice chybí teplotní monitoring celého čerpacího potrubí. V zimním období dochází hlavně v místech průchodu potrubí venkovními prostory k namrzání duplikovaného potrubí. Následné načerpání hmoty do takto studeného potrubí má fatální následky. Okamžité ztuhnutí čerpané hmoty v potrubí a kolaps čerpacího systému. Při následné finančně nákladné rozebírání a čištění zatuhlé čerpací trasy dochází k velkým finančním ztrátám na ostatních výrobních budovách závislých na pravidelné dodávce čokoládových hmot.

Teplotní monitoring zabraní spuštění čerpacího cyklu při podchlazení některé z částí čerpacího potrubí pod kritickou mez kdy dochází k tuhnutí čokoládových hmot.

5.4.1 Popis a výběr prvků pro sběr teplot

Z důvodu velkého počtu snímaných míst a následné finanční náročnosti použití 4 kusů 12bit karet SM331 Siemens s analogovými vstupy pro rozšíření bylo pro snížení pořizovacích nákladů přikročeno k použití 4kusů řízených 8vstupových analogovému multiplexeru MTU firmy LG systém[6] viz Obr. 30. Těmito analogovými multiplexery byly rapidně sníženy pořizovací náklady cca o 40%. Z předpokládaného použití dvouvstupových rozšiřujících modulů SM v počtu 16ks se snížil počet použitím multiplexeru MTU pouze na 2kusy modulů SM a jeden digitální výstupní modul SM pro BCD signály multiplexeru.

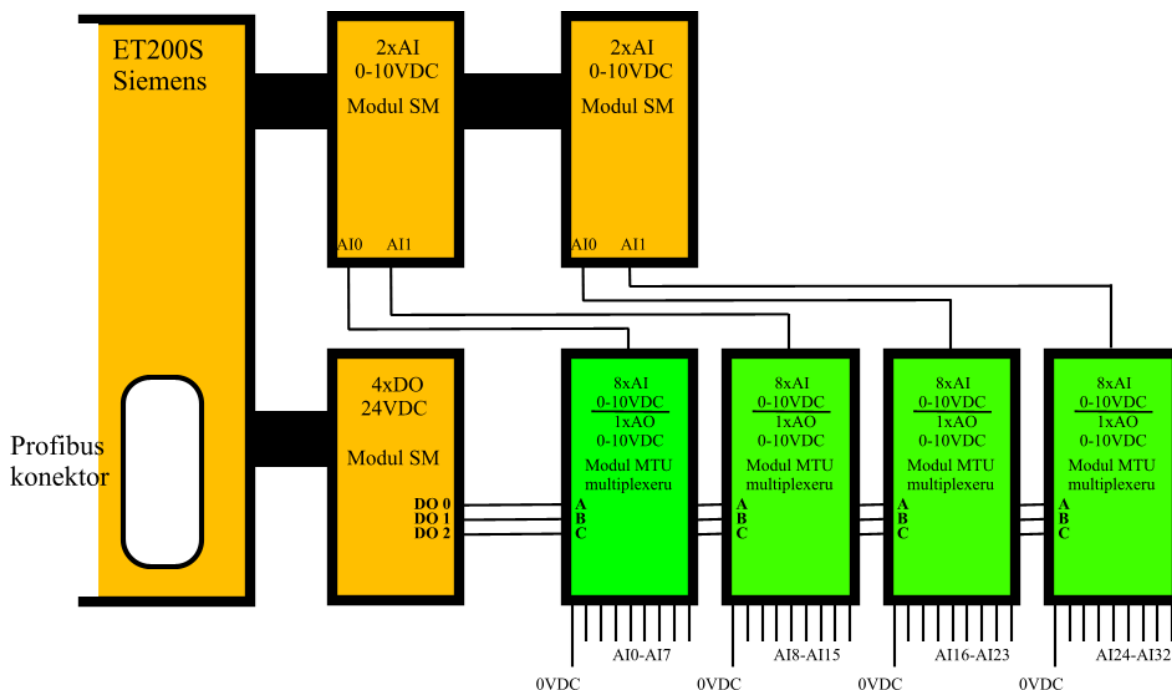
Senzory teplot byly použity s platinovými snímači Pt100/3850 NS740K s vnitřním převodníkem na napětí 0-10VDC od firmy Sensit viz Obr. 29. Rozsah snímaných teplot byl přednastaven výrobcem v rozsahu -30 až 60 C. Snímače jsou určeny pro provoz v potravinářských provozech.



Obr. 29 Teplotní snímač SENSIT pro monitoring teplot na trase

5.4.2 Popis snímání teplot a blokace čerpací sekvence Molcha.

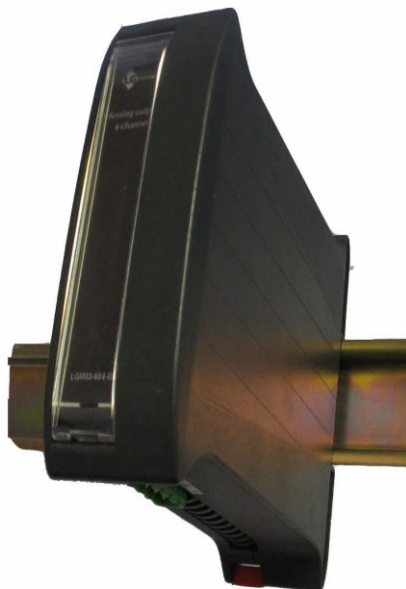
Multiplexer je řízen klasickým BCD kódem vyobrazen na Obr. 31. Při měření teplot ze snímačů není zapotřebí velkých rychlostí pro to nám postačí tranzistorové výstupy na PLC modulu SM322 pro spínání BCD signálu a dva dvouvstupové analogové moduly SM331. Blokové zapojení 32AI vstupů s řízeným multiplexerem je na Obr. 30.



Obr. 30 Blokové schéma zapojení rozšíření na 32AI multiplexorem

Aktivní analogové vstupy multiplexeru	Bitové ovládací vstupy MUX		
	A	B	C
AI0 – vstup teploty 1	0	0	0
AI1 – vstup teploty 2	0	0	1
AI2 – vstup teploty 3	0	1	0
AI3 – vstup teploty 4	0	1	1
AI4 – vstup teploty 5	1	0	0
AI5 – vstup teploty 6	1	0	1
AI6 – vstup teploty 7	1	1	0
AI7 – vstup teploty 8	1	1	1

Obr. 31 Řídící BCD tabulka



Obr. 32 8 vstupový analogový multiplexer MLTU

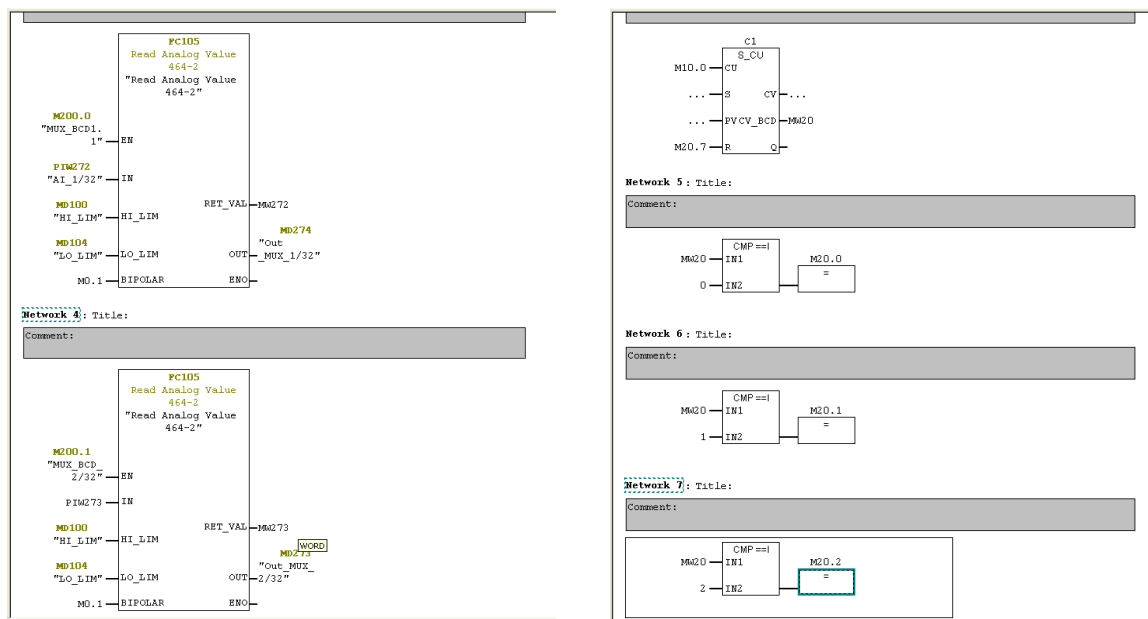
Na Obr. 32 je vyobrazen 8 kanálový multiplexer použit pro přepínání AI0-7 na jeden ze vstupů AI0-3 PLC Siemens. Tímto způsobem bylo dosaženo rozšíření na 32 kanálové snímání teplot. Čili 32 analogových vstupů pro připojení signálů ze snímačů teplot Sensit na 4AI PLC v rozsahu 0-10VDC.

5.4.3 Popis algoritmu načítání analogových hodnot a vizualice.

BCD tabulku pro řízení přepínání analogových vstupů multiplexeru MTU generuje FC blok v PLC v klasickém bitovém pořadí, hodnotu po porovnání z merkerů přiřazuje digitálním výstupům PLC modulu SM, který svými tranzistorovými výstupy volí vstupy MTU. Ve stejně voleném BCD pořadí se zároveň v bloku OB35 přepínají FC bloky pro vyhodnocení analogových vstupů PLC modulu SM. Naměřená hodnota se porovná s nastavenou teplotou z vizualizace. Pokud je vše v pořádku může být spuštěno nebo zakázáno čerpání, případně zablokování čerpání s příslušnou alarmovou hláškou obsluhy a údržby. K přepínání výstupů dochází dle tabulky BCD s časovou prodlevou cca 1s, což bohatě postačuje k naměření patřičné teploty na PLC. Ustálení hodnot na výstupu multiplexeru je 0,1ms. Z technické dokumentace výrobce je samozřejmé, že multiplexery i PLC zvládnou mnohem větší rychlosti, ale to v tomto případě to není zapotřebí, protože ke změnám hodnot teplot nedochází v krátkých intervalech. Všechny hodnoty teplot a mezní stavy se nastavují přes tlačítko nastavení v zadávacím poli vizualizace po přihlášení administrátorem systému.

Pro upřesnění uvedu krátký příklad, pokud kód BCD je 000 přísluší vstup AI 0,1,2,3 a hodnota teploty vstupu 0/32, 8/32, 17/32, 25/32 multiplexeru.

Při měření hodnot napětí na vstupech PLC se v dalším taktu přepne BCD kód na 001 a to odpovídá vstupům 1/32, 9/32, 18/32, 26/32. V dalším kroku se vše opakuje.



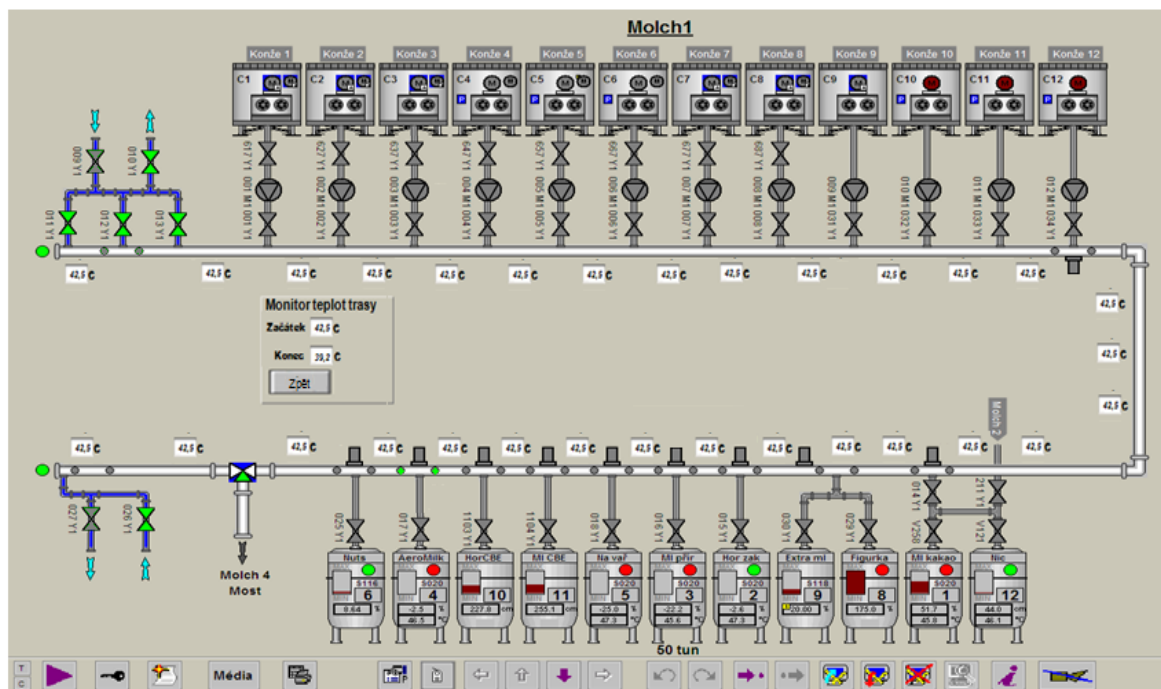
Obr. 33 Část kódu pro přepínání BCD a měření analogových hodnot

Vizualizace byla rozšířena o stránku monitoringu teplot a v zadávacím poli byla přidána 2 okna s výpočtem průměrné teploty na začátku a konci čerpací trasy. Nastavení limit a alarmových hlásek je provedeno ve vizualizace technologie kde bylo přidáno tlačítko k náhledu na veškeré teploty na trase. Náhled na stránku teplot a rozšíření zadávacího pole je na obrázku Obr. 34 a Obr. 35.

Na oknech teploty se dvojklikem vygeneruje klávesnice s možností zadání společné alarmové hladiny pro blokaci čerpání nebo lze každou teplotu a hladiny nastavit zvlášť.



Obr. 34 Rozšíření zadávacího pole pro teplotní monitoring a náhledové tlačítko pro náhled teplot na trase



Obr. 35 Vizualizace teplotního monitoringu trasy

6 Závěrečné zhodnocení provedených úprav

V závěru své bakalářské práce hodnotím svůj projekt v úpravách čerpací technologie velice pozitivně. Po velice časově náročném testování úprav v ostrém provozu byly zjištěny další drobné nedostatky v algoritmech PLC , které jsem již odstraňoval za plného provozu.

U první navrhované úpravy monitoringu objemu meziskladových zásobníků jsem se seznámil s průtokovými snímači využívajícími Coriolisův jev, kde výsledky měření byly velice přesné, což ocenili technologové výroby, plánovači a obsluha Molchu.

V druhé části projektu jsem aplikoval pneumatické řízení rychlosti Molchů v potrubí. Tato část úprav byla nejnáročnější. Hlavně v části vytvoření dobrého a hlavně rychlého algoritmu v PLC pro zásah na akčním členu soustavy ASCO, rozšíření vizualizace již bylo snadné. Po základním odladění se na výsledky zatím čeká, opotřebení nových Molchů s řízením rychlosti zabere nějakou dobu, ale již teď se rysuje delší životnost Molchů. Po kontrole stavu a porovnání fotografií Molchů z dob předešlých, bude možná další úprava algoritmu v PLC dle opotřebení.

Následující část úprav zahrnovala zvýšení bezpečnosti obsluhy při vizuální kontrole Molchů. Při plánované kontrole nebo po havárii. Po ostré zkoušce v provozu bylo zjištěno, že je potřeba delšího času pro vizuální kontroly obsluhou, dokonalé seznámení obsluhy se vzniklými změnami vizualizace a sekvence kontroly.

V poslední části úprav jsem se zabýval teplotním monitoringem trasy Molchu. Zde dochází hlavně v zimních měsících k zamrzání. Po instalaci kontroly teplot potrubí již nebudou vznikat drahé opravy na technologii čerpání hmot a čištění potrubí. Systém dle nastavení nepovolí čerpání na tuto trasu.

7 Použitá literatura

- [1] Krohne [online]. 2010 [cit. 2011-12-10]. Optimas 7000. URL: <<http://krohne.com>>.
- [2] Omron [online]. 2011 [cit. 2012-03-04]. D4NL-2FFA. URL:<<http://industrial.omron.cz>>
- [3] Siemens [online]. 2008 [cit. 2011-10-12]. SM331, SM322, ET200S.
URL: <<http://support.automation.siemens.com>>
- [4] Sensit [online]. 2011 [cit. 2011-12-01]. Pt100/3850. URL: <<http://sensit.cz/>>
- [5] ASCO [online] 2011 [cit. 2011-11-14]. Jucomatic URL: < <http://www.asconumatics.eu> >
- [6] LG systems [online] 2012 [cit. 2011-12-16]. MLTU URL: <<http://www.lgsystem.cz>>
- [7] Siemens [online] 2008 [cit. 2011-09-10]. SIMATIC Manager, SIMATIC WinCC flexible 2008 HF3. URL: <<http://support.automation.siemens.com>>
- [8] TURCK [online] 2008 [cit. 2011-10-10]. BIM-AKT-APX-H1141 URL: <<http://turck.cz>>
- [9] BERGER, H. *Automating with SIMATIC: Controllers, Software, programming, Data Communication, Operator Control and Process Monitoring*. Siemens, Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2009. 236 s. ISBN 978-3-89578-333-3.
- [10] KOZIOREK, J. *Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů*, VŠB-TU Ostrava, 2009. 260 s. učební texty.
- [11] NESTÉ S.R.O závod ZORA Olomouc .technická dokumentace k projektu MOLCH 1, /455 23 /2009/Compas, Žďár nad Sázavou

8 Seznam příloh

Příloha I – katalogové listy výrobců

Příloha II - elektronická příloha na CD

Příloha III – fotodokumentace přiložena na CD

Obsah CD

CD_2012_BP_KRA0075\datasheet \Turck
 \Omron
 \Siemens
 \LG electronics
 \Krohne
 \Asco
 \Sensit
 \software \Wincc2008
 \Siemens STEP7
 \fotodokumentace\molch\původní
 \úpravy
 \program pro PLC HMI\
 \BP\